

# 首钢京唐时间同步系统的建设及应用

汪国川, 燕 飞, 赵起国, 沈 军, 王延明, 田冬明

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司 能源与环境部, 河北 唐山 063210)

**摘要:**针对首钢京唐钢铁联合有限责任公司自动化设备时间不同步的问题,对现有设备进行整合和改造。采用集中接收、分层、分布开放式网络结构,建设钢铁厂时间同步系统。该系统共分3层:时钟主站层、一级时钟子站及扩展单元层、二级时钟子站及扩展单元层,各层之间采用光纤以太网连接,构成高可靠冗余的网络结构。通过该系统建立GPS和我国的北斗系统互备,组成“GPS+北斗”双机冗余系统,将GPS和北斗卫星传送的协调世界时间(UTC)或外部传送的时间基准信号作为对时信号源,产生用来传递时间信息的IRIG-B时间码、串行时间数据流、网络时间协议(NTP)时间数据和多路对时脉冲,实现厂内各种信息系统及设备的时间同步。应用结果表明,系统能够满足不同设备间的时间统一,且能满足多种设备的不同时间精度需求。

**关键词:**钢铁企业;时间同步;全球卫星定位系统;北斗卫星导航系统

**文献标志码:**B **文章编号:**1000-7059(2014)06-0017-06

## Construction and application of time synchronizing system in SGJT

WANG Guo-chuan, YAN Fei, ZHAO Qi-guo, SHEN Jun, WANG Yan-ming, TIAN Dong-ming

(Energy and Environment Department, Shougang Jingtang United Iron and Steel Co., Ltd., Tangshan 063210, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that the time of one automation equipment doesn't synchronize with the other in SGJT, integration and transformation are done on the original equipments. Time synchronizing network with centralized receiving, layered, distributed open network structure is built. This system is divided into three layers which are the clock master layer, first level clock sub-station and extension unit layer, second level clock sub-station and extension unit layer. Fiber-optic ethernet is used to connect different layers, which constitutes a highly reliable and redundant network architecture. The interoperability standby between the GPS system and the BeiDou system of China is established through this system, which constitutes a “GPS+BD” dual-redundant system. The UTC(Universal Time Coordinated) transmitted by GPS and BD or the time reference signal transmitted from the outside is used as the timing source. And the timing source is used to generate the IRIG-B time codes, the serial data stream of time, the NTP time data and the multi-standard pulses to transmitted time information, which implements the time synchronization among all kinds of information systems and equipments in the plant. Application results show that the system can meet the time unification among different equipments and the different time precision requirements of various equipments.

**Key words:** iron and steel enterprises; time synchronization; GPS; BD system

## 0 引言

时间同步系统在国防、电信、金融等领域已率先建立，在现有系统中全球卫星定位系统（GPS）起到巨大作用，但GPS是由美国掌控的系统，其可用性和授时精度受制于美国的GPS政策；而时间同步作为工业系统中的基本配置，是一件关系到国家工业建设和安全的十分重要的基础工作，鉴于上述原因，GPS时钟源在我国工业系统应用的可依赖程度不高<sup>[1]</sup>。因此，采用可依赖的时钟源与GPS一起构成互备授时方案，对于工业系统中智能装置的时钟同步至关重要<sup>[2]</sup>。随着工业行业的发展以及我国自主研制的北斗卫星导航系统（以下简称BD系统）在电力、电信、冶金等系统中应用的不断深入，在大型工业系统中增加具有我国自主知识产权的BD系统作为授时方案是一种必然选择<sup>[3-4]</sup>。

国内钢铁企业大都在20世纪八九十年代建设，信息化程度不高，对时间同步的要求较低，伴随着工业系统信息化的高速发展，钢铁企业面临着各设备时间不同步的情况。首钢京唐钢铁联合有限责任公司（以下简称首钢京唐公司）是2010年建成的一个具有国际先进水平的钢铁企业，在建设中全面采用了信息化、数字化、自动化技术方案，包含生产线设备自动控制系统、过程控制系统（PCS）、集散控制系统（DCS）、制造执行系统（MES）、企业资源计划系统（ERP）以及决策支持系统（能源中心、生产管控中心、计量中心）等一系列数量庞杂、结构复杂的信息系统，各种信息系统对时间同步要求较高。针对首钢京唐公司建设中各信息系统时间不同步问题，我们于2013年对各信息系统进行时间同步改造，建设时间同步系统，采用分层、分布对时方式，将GPS和BD系统作为互备主站，与铯原子钟一起构成“GPS+北斗”的双机冗余系统，充分利用不同的对时方式满足不同设备和系统的精度需求<sup>[5]</sup>。

## 1 存在问题

首钢京唐公司原有各系统的时间同步大多

采用各设备提供商提供的各自独立的时钟或GPS对时系统，对时方式及接口标准多样，且各时钟源精度不同，同时也存在部分设备没有对时的情况，因而，缺乏整个系统设备之间的时间统一；另外，虽然各时钟模块具备基本的时间接收和输出功能，但却没有接收除GPS之外其他途径的时间基准的能力，即没有其他备用的对时方法。因此，各系统时间实际上都是相互独立的，也无法实现全厂范围不同区域（厂）之间的时间基准统一。

时间不同步主要带来以下几个问题：

(1)由于没有统一精确的时间，因此，发生一些复杂故障后，鉴于系统过于庞杂，很难获取各设备动作、参数变化的真实顺序及准确时间，难以分析事故的原因及过程。

(2)钢铁厂计量中心95%的数据通过自动抄表系统采集，由于计量点数量较大且遍布全厂各个角落，因此，各计量点时间差异很大，甚至达到小时级别的误差，造成日计量数据误差较大，给每天生产分析带来一定影响。

(3)新建钢铁厂工艺衔接紧密，生产节奏较快，各道工序不是在一个统一的时间基准下完成既定的生产计划及检修计划，因而无法达到各工序的协调一致及较高的生产率，不能避免工序间衔接不紧密带来的生产混乱。

(4)随着首钢京唐公司持续快速发展、规模不断扩大，设备、系统运行情况日益复杂，缺乏对各系统、设备时钟同步设备运行状态的监测手段。

(5)无法满足各系统和设备对时间精度的要求。根据相关技术规定并结合首钢京唐公司实际需求，钢铁厂内各系统和设备对于时间精度的要求为功角测量系统不大于1μs；故障录波系统、事件顺序记录系统、微机保护装置、变电站监控系统、调度自动化系统不大于1ms；PLC设备、工艺自动化系统、计量系统、录音系统、DCS、MIS、调度生产系统不大于1s；ERP、GIS和OA不大于1min<sup>[6]</sup>。

## 2 现有设备对时方式

目前,现有系统(设备)采用的对时方式主要

有软对时方式、脉冲对时方式和时间编码对时方式,各种方式的对比见表 1。

表 1 时间同步方式对比

Table 1 Contrasts of different time synchronization modes

对时方式	精度	优点	缺点
串口报文对时	< 50 ms	数据全面,不需要人工预置	授时精度低,报文格式需要授时和被授时装置双方约定
网络对时	< 100 ms	基于现有网络,物理实现方便	高精度补偿算法复杂
脉冲对时	< 100 μs	授时精度高,使用无源接点时,适应性强	只能校准到秒,其余数据需要人工预置
时间编码对时	< 10 μs	数据全面,对时精度高,不需要人工预置	编码相对复杂,远距离对时投资较大

软对时方式依赖网络提供的通信通道,将时钟信息以数据帧的形式向各从装置发送。常用的软对时方式有串口报文对时及采用网络时间协议(NTP)的网络对时。串口报文对时采用厂家提供的标准;NTP 包括几种标准,其中,比较常用的标准 NTP 采用 RFC1350 标准,简化的网络时间协议(SNTP)采用 RFC1769 标准,PTP(Precise Time Protocol)采用 IEEE1588 标准。

脉冲对时方式多采用硬接点接入方式,利用脉冲的准时沿(上升沿或下降沿)校准被授时设备。常用的脉冲对时信号有秒脉冲和分脉冲。脉冲对时信号分为有源脉冲和无源接点。有源脉冲电源由授时设备提供;无源接点等效于开关,准时闭合/断开,被授时设备自身提供电源,通过无源接点转换为有源脉冲。实际应用中常用无源接点,因而授时设备与被授时设备之间不需要约定电压等级。

时间编码对时方式的编码对时信号有多种,国内常用的有 IRIG 和 DCF77 两种。首钢京唐公司采用的是 IRIG,IRIG 串行时间码有 A, B, D, E, G, H 6 种格式。其中 IRIG-B 格式编码应用最为广泛,简称 B 码。B 码分为调制 IRIG-B(交流 B 码)和非调制 IRIG-B(直流 B 码)两种码。两种信号的 B 码,每秒 1 帧,包含 100 个码元,每个码元 10 ms,代码输出组合可千变万化,但基本代码仅有 3 种:2 ms 宽度表示二进制 0、分隔标志或未编码位,5 ms 宽度表示二进制 1,8 ms 宽度表示基准标志<sup>[7-9]</sup>。

## 3 时间同步系统建设方案

首钢京唐公司时间同步系统的建设涉及了

钢铁厂能源管理中心、2 座 220 kV 变电站、12 座 110 kV 变电站以及 21 座 10 kV 工艺站及工艺站所带生产线的自动化系统、计算机系统及其相关设备。建设中充分利用现有设备及网络配置,通过改造升级使钢铁厂的对时装置和信息系统等设备实现全系统的时间同步。

系统时间源主要由 GPS/BD 主时钟组成,将 GPS 卫星和 BD 卫星传送的协调世界时间(UTC)或外部传送的时间基准信号作为定时信号源,生成用来传递时间信息的 IRIG-B 时间码、串行时间数据流、NTP 时间数据和多路对时脉冲,实现区域内计算机监控系统、保护装置及故障录波器等设备的时间同步。

时间同步系统采用集中接收,分层、分布开放式网络结构。系统共分 3 层:时钟主站层、一级时钟子站及扩展单元层、二级时钟子站及扩展单元层。各层之间采用光纤以太网连接,构成高可靠冗余的网络结构,同时具有较高的传输速率和良好的抗电磁干扰能力,时间同步系统方案如图 1 所示。

时间同步系统同步信号主要采用 B 码+NTP 方式,即一级、二级各子站均配置时钟源(GPS/BD 互备)并以本站时钟源作为首选时钟进行 B 码对时;同时,各子站又通过既有光纤以太网接收来自上级系统的 NTP 对时信号,作为本地(站)时钟源失落时的备用。本方案的优点是:在站内采用 B 码对时,保证了站内设备的对时精度;利用钢铁厂现有光纤网络,在纵向跨层互备上采用 NTP 方式,满足整体系统对时需要,具有较高的性价比。对于个别改造困难的设备,则仍

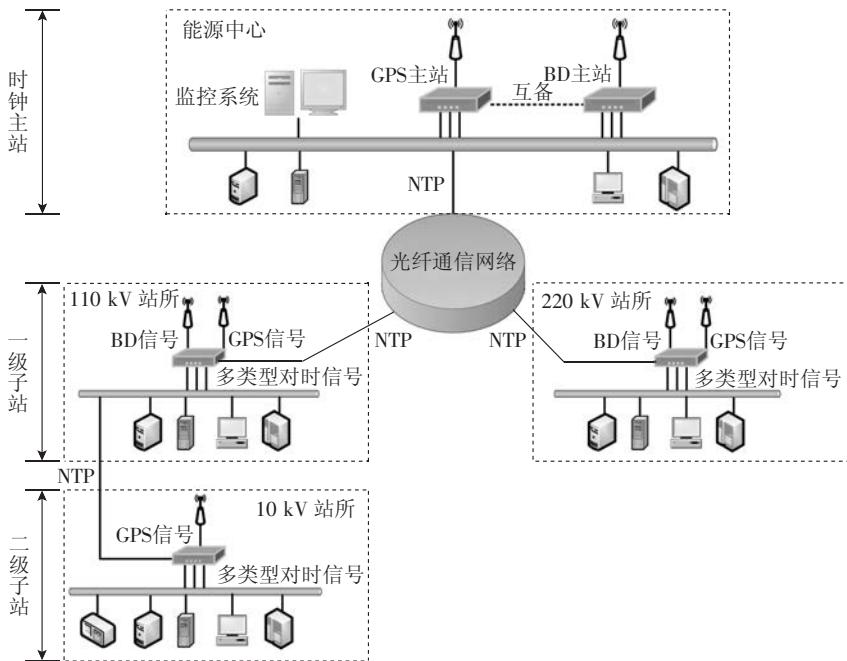


图 1 时间同步系统方案

Fig. 1 Scheme of time synchronization system

采用脉冲方式对时。

### 3.1 时钟主站建设方案

利用现有屏体,配置1台GPS同步主钟和北斗同步主钟装置,2台主钟互备。每台主钟装置均配置天线、热备交直流双电源及铯原子钟。主钟通过设置RJ45网口采用NTP协议与能源管理中心各系统实现时间同步,并通过现有光纤以太网与一级子站扩展时钟实现同步。

时钟主站配置如图2所示。时钟主站负责向能源管理中心所辖各信息系统、管理系统、工艺系统提供NTP网络对时基准信号,满足信息系

统及自动化系统的对时需求;同时,向220 kV、110 kV等变电站(一级时钟子站)提供备用时钟基准信号,满足系统一级时钟主站的冗余备用需求。每台主时钟同时具有接收另一台主时钟的IRIG-B时间信息功能,达到两台主时钟之间能够互为备用。正常情况下,时间信号接收单元接收GPS卫星发送的时间基准信号,当GPS时间基准不正常时,系统内部将自动切换到接收BD卫星发送的时间基准信号,当GPS和BD时间基准均不正常时,由铯原子钟授时。实现时间基准信号互为备用,切换时间小于0.5 s,切换时主时钟输

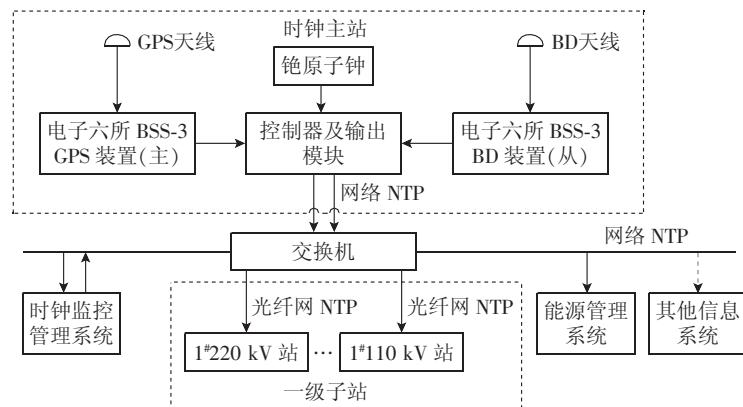


图 2 时钟主站配置

Fig. 2 Layout of clock master

出的时间同步信号不会出错。

图2中的时钟监控管理系统,完成对时的日常在线监测功能,监测内容包括:(1)基于NTP协议获取远方时间,监测GPS/BD时间走时是否

准确,是否存在失步等异常。(2)监测各级子站对时系统工作在何种状态(包括GPS授时、BD授时以及网络授时状态)。时钟监控管理系统人机界面如图3所示。

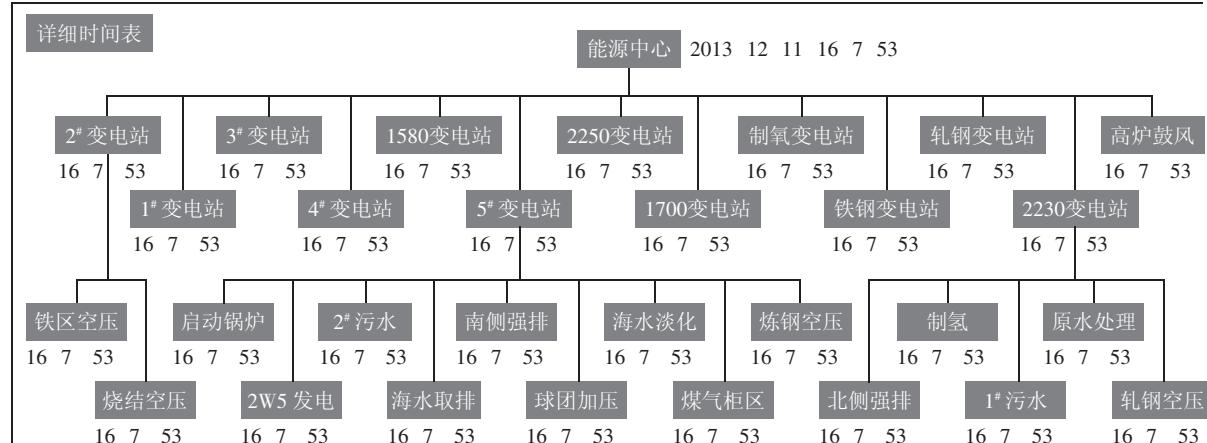


图3 时钟监控管理系统人机界面

Fig. 3 HMI of clock monitoring and management system

另外,还增加了手持式时间同步检测仪,对对时系统进行人工测试,进一步确定各装置的实际运行对时精度及误差,掌握系统运行效果。

### 3.2 一级时钟子站及扩展单元

利用现有2座220 kV变电站及12座110 kV变电站的对时屏体,配置1台GPS/BD时钟装置构成一级时钟子站。每台子站装置均配天线、热备交直流双电源。一级时钟子站配有NTP输入模块,可与时钟主站实现时钟同步;同时一级时钟子站配有IRIG-B码输出模块和NTP输出模块,可与国电南自电网自动化有限公司、深圳南瑞科技有限公司、南瑞继保电气有限公司、北京四方继保自动化股份有限公司、武汉中元华电科技股份有限公司、兰吉尔仪表系统有限公司等厂家的测控装置、保护装置、故障录波装置实现时钟同步;一级时钟子站配有NTP输出模块,通过现有光纤以太网,与工艺10 kV子站实现二级时钟扩展,见图4。

正常情况下,本站时间信号接收单元接收GPS卫星发送的时间基准信号,当GPS时间基准不正常时,系统内部将自动切换到接收BD卫星发送的时间基准信号,当GPS和BD时间基准均

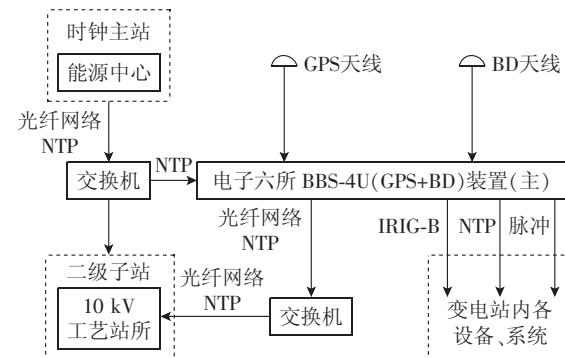


图4 一级时钟子站配置

Fig. 4 Configuration of first level clock sub-station

不正常时,时钟信号分别取主站的GPS信号和BD信号,两套时钟信号互为热备用,当有一路收不到信号时自动切换到另一路备用通道,保证子站时钟正常工作。

### 3.3 二级时钟子站及扩展单元

二级时钟子站主要包含17个子站。根据现场情况,在各子站内利用现有屏体或增加一面屏体,配置1台GPS时钟装置构成二级时钟子站。每台装置均配天线、热备交直流双电源。二级时钟子站配有NTP输入模块,可与一级时钟子站实现时钟同步;二级时钟子站配有IRIG-B码输出模块,通过分期分批改造,可与四方继保保护装

置以及武汉中元、南京银山等厂家故障录波装置实现时钟同步;二级时钟子站配有 NTP 输出模块,通过站内以太网,与横河 DCS、西门子 S7-300/400 系列 PLC、施耐德 Quantum 系列 PLC 设备及系统实现时钟同步。二级时钟子站配置见图 5。

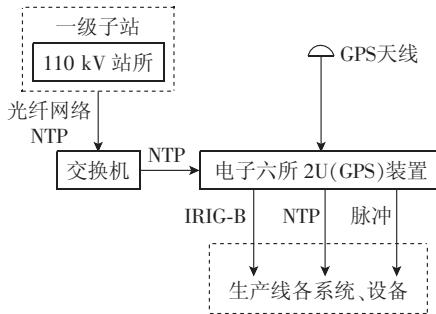


图 5 二级时钟子站配置

Fig. 5 Configuration of second-level clock sub-station

正常情况下,本站时间信号接收单元接收 GPS 卫星发送的时间基准信号,当 GPS 时间基准不正常时,将接受一级时钟子站 NTP 对时信号。

#### 4 系统运行效果

系统接收来自 GPS 和 BD 的授时信号,借助系统本身的高精度原子钟对两个卫星时间的授时信号进行实时分析和识别,并将校正后的授时信号通过多种接口形式输出,经过实际测量,时间同步系统误差测量结果如表 2 所示<sup>[10]</sup>。

表 2 时间同步系统误差测量结果

Table 2 Error measurement results of time synchronization system

时钟站	时间同步方式	时间误差测试
时钟主站	NTP	5~20 ms
	B 码	0.5~1 μs
一级时钟子站	NTP	5~6 ms
	B 码	0.5~1 μs
	串口	5~10 ms
二级时钟子站	分脉冲	2~5 μs
	NTP	5~6 ms
	B 码	0.5~1 μs
	串口	5~10 ms
	分脉冲	2~5 μs

对时间同步系统对时精度的测量表明,本系统完全能够满足钢铁厂现有设备时间精度需求。系统采用全分布开放式结构,主要硬件设备符合

信息技术发展迅速的特点,另外,采用的模块化设计具备很强的扩展性,通过增加对时插件即可实现向全厂的对时子站和首钢京唐公司二期工程授时。

#### 5 结论

首钢京唐公司同步时间系统的投入实现了钢铁厂高精度、高稳定性、高可靠性的时间统一,解决了各系统时间不同步以及采用更高级时钟源导致价格昂贵的问题,提高了系统的自动化程度。今后将逐步扩展至所有设备的时间同步,从而完全实现高精度全时间信息对时的扁平化对时架构。

#### 参考文献:

- [1] 谭述森. 北斗卫星导航系统的发展与思考 [J]. 宇航学报, 2008, 29(2): 391-396.
- [2] 于跃海, 张道农, 胡永辉, 等. 电力系统时间同步方案 [J]. 电力系统自动化, 2008, 32(10): 32-37.
- [3] 朱文治, 肖晓刚. GPS 卫星时间在电网自动化系统中的应用 [J]. 电网技术, 1997, 21(3): 32-33.
- [4] 赵当丽, 翟慧生, 胡永辉, 等. 利用卫星共视比对系统实现电网的时间同步 [J]. 现代电力, 2010, 27(2): 70-73.
- [5] 肖水英, 杜明军, 程细海, 等. DL/T5392—2007 电力系统数字同步网工程设计规范 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [6] 张文涛, 邱宇峰, 郑旭军. GPS 及其在电力系统中的应用 [J]. 电网技术, 1996, 20(5): 38-40.
- [7] 汪洋, 赵宏波, 刘春梅, 等. 北斗卫星同步系统在电力系统中的应用 [J]. 电力系统通信, 2011, 32(219): 54-57.
- [8] 汪洋, 伍小波, 赵宏波, 等. 电力时钟同步网建设及应用的思考 [J]. 电力系统通信, 2011, 32(220): 7-12.
- [9] 王玉东, 尤天晴. 电力系统时间同步组网研究 [J]. 电力系统通信, 2009, 30(201): 64-67.
- [10] 于跃海, 张道农, 邓志刚, 等. GB/T26866—2011 电力系统的时间同步系统检测规范 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.